

De invloed van luchtdruk en temperatuur op de loopkarakteristiek

De Standaard Luchtdruk

Het klinkt misschien vreemd, maar lucht heeft gewicht. Het is niet veel want 1 liter lucht weegt 0,003 gram. Maar het wordt toch aardig wat, als je de hele dikte van de dampkring meetelt. Een luchtkolom in de atmosfeer vertegenwoordigt een bepaald gewicht en veroorzaakt daardoor een druk op het aardoppervlak. Dit is voor het eerst gemeten met kwik. Een kolom kwik van 76cm hoog en een oppervlak van 1.0 vierkante cm weegt precies 1.0 kg. Tegenwoordig spreken we over millibar (mbar) of hectoPascal (hPa), waarbij 75 cm kwik voor 1000 mbar of hPa staat. De luchtdruk varieert van plaats tot plaats en ligt aan het aardoppervlak meestal tussen 940 tot 1060 hPa. In de kern van tropische stormen, zoals hurricanes kan de luchtdruk dalen tot onder 900 hPa.

Om de luchtdruk op verschillende plaatsen te kunnen vergelijken is internationaal een Standaard Atmosfeer ingesteld. Daarbij worden de barometers herleid naar de luchtdruk op een standaard dag op zeeniveau. De luchtdruk is onder normale omstandigheden op zeeniveau ruim 100.000 Pascal. Hecto betekent honderd, zodat 100.000 Pascal gelijk is aan 1000 hectoPascal (hPa). Mbar is millibar, de oude eenheid van luchtdruk, hPa is hectopascal, de eenheid die tegenwoordig internationaal wordt gebruikt, 1.0mbar vertegenwoordigd dezelfde waarde als 1.0hPa. Op veel huisbarometers is nog een schaalverdeling in millimeters te vinden. Deze schaal is eenvoudig om te rekenen in Hectopascal of mbar door die getallen met 1,33 te vermenigvuldigen.

Op zeeniveau op een 'standaard luchtdruk' dag is:

$$\begin{aligned} \text{de temperatuur } T &= 15^{\circ}\text{C} = 288.15^{\circ}\text{K} & (\text{ }^{\circ}\text{C}=\text{Celsius } ^{\circ}\text{K}=\text{Kelvin, } T^{\circ}\text{K}=T^{\circ}\text{C}+273.15) \\ \text{de luchtdruk } P &= 760.0 \text{ mmHg} = 1013.25 \text{ mB of (hPa)} = 1.0\text{atm} \\ \text{de luchtdichtheid, } \rho &= 1.225 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

De factoren die de luchtdichtheid bepalen zijn: de heersende luchtdruk, luchttemperatuur en relatieve vochtigheid.

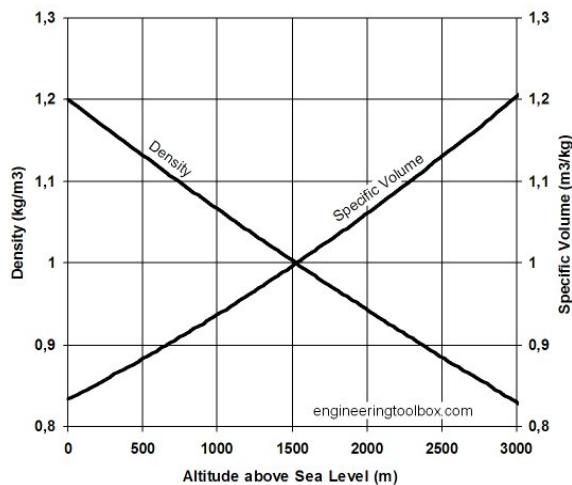
De barometrische luchtdruk verandert met het weer. De absolute barometrische luchtdruk verandert tevens met de hoogte (elevatie). De atmosfeer kan je vergelijken met een hoge kolom van lucht. De kolom reageert als een gas en is samendrukbaar. Daarom neemt de druk met het toenemen van de elevatie af. De luchtdruk is het hoogste op zeeniveau. De luchtdrukafname met de hoogte is gemiddeld 1 millibar (1.0 hPa) per 9 meter. Op 50 meter hoogte wijst de barometer dus ongeveer 5.5 millibar lager dan op zeeniveau.

Een afname in de barometrische druk vermindert de luchtdichtheid. Een afname van de temperatuur veroorzaakt echter het omgekeerde, een verhoging van de luchtdichtheid. De mate waarin de elevatietoename de luchtdichtheid vermindert is groter dan waarmee de temperatuursafname de luchtdichtheid vergroot bij een zelfde verschil in elevatie. Het resultaat is dat onder standaard condities de luchtdichtheid afneemt als de elevatie toeneemt.

De standaard temperatuur afname is $T_r = 0.0065^{\circ}\text{C/m} = 0.0019812^{\circ}\text{C/ft}$.

De luchtdruk

De standaard luchtdruk op zeeniveau is 1013.25 mbar en wereldwijd varieert de luchtdruk tussen circa 970 tot 1040 mbar. De laagste geregistreerde luchtdruk was 870 mbar in het oog van een tyfoon in de Grote Oceaan, terwijl de hoogste geregistreerde luchtdruk 1084mbar was in Siberie tijdens een extreem die samenging met een extreem koude luchtmassa. Hoe hoger de elevatie waarop je je bevindt, hoe lager de luchtdruk, en luchtdruk heeft een groot effect op de dichtheid van de lucht. Weerkundigen die op televisie hun weerpraatje houden refereren altijd naar de luchtdruk uitgeoefend door de atmosfeer. Als de druk hoog is, neemt de luchtdichtheid toe en is de druk laag, dan neemt de luchtdichtheid af.



De standaard luchtdruk en standaard temperatuur op een bepaalde hoogte kan als volg worden berekend.

$$\begin{aligned} \text{Temperatuur op hoogte } h: & & T &= 15.04 - (0.00649 \times h) & & T = \text{temperatuur } (^{\circ}\text{C}) \\ & & & & & h = \text{hoogte (m)} \end{aligned}$$

$$\text{Druk } p \text{ op hoogte } h: \quad p = 1013,25 \times [(T+273.1) / 288.15]^5.256 \quad p = \text{druk in (mbar of Hpa)}$$

Temperatuur

Verskil in luchtdruk ontstaat ook door verschil in verwarming. Als in een afgesloten ruimte verhit wordt, zal de lucht willen uitzetten en de druk toenemen. De atmosfeer is echter geen afgesloten ruimte en daarom kan de lucht vrij uitzetten of inkrimpen. De dichtheid verandert daarom met de temperatuur. Wordt de lucht verhit, dan neemt de dichtheid af en daarmee tevens de luchtdruk. Koude lucht daar en tegen is zwaarder, en oefent meer druk uit.

De temperatuur neemt over het algemeen af met de hoogte. Bij droge lucht is de afname van temperatuur ongeveer 1.0 graad per honderd meter, bij vochtige lucht is dat ongeveer 0,6 graden. De standaard temperatuur afname is $T_r = 0.0065^\circ\text{C}/\text{m} = 0.0019812^\circ\text{C}/\text{ft}$.

De invloed van de luchtvochtigheid is in de meeste gevallen verwaarloosbaar. De reden is, dat wanneer de lucht verzadigd is met waterdamp het slechts 4% waterdamp bevat. De absolute barometerdruk en de luchttemperatuur hebben een veel grotere invloed.

De grootste verandering in luchtdruk vindt twee maal per dag plaats in de vergroting en vermindering als gevolg van het opwarmen van de lucht door de zon. Iedere dag rond 4 uur in de ochtend en de middag is de luchtdruk op zijn laagste waarde, en rond 10 uur in de ochtend en de avond op zijn hoogst.

| $^\circ\text{C}$ | Geluidsnelheid [m/s] | ρ [kg.m ³] |
|------------------|----------------------|-----------------------------|
| -10 | 325.2 | 1.342 |
| -5 | 328.3 | 1.317 |
| 0 | 331.3 | 1.292 |
| +5 | 334.3 | 1.269 |
| +10 | 337.3 | 1.247 |
| +15 | 340.3 | 1.225 |
| +20 | 343.2 | 1.204 |
| +25 | 346.1 | 1.184 |
| +30 | 349.0 | 1.165 |

Luchtvochtigheid

Vochtige lucht is lichter (kleinere dichtheid) en oefent minder druk uit dan droge lucht met dezelfde temperatuur. Dit komt omdat het moleculaire gewicht van water minder is dan het gemiddelde moleculaire gewicht van droge lucht. Waterdamp heeft een gewicht van 0.8 gram per liter, terwijl droge lucht circa 1.225 gram per liter weegt. Koude, droge lucht veroorzaakt daarom een grotere luchtdichtheid en dus een hogere luchtdruk dan warme en vochtige lucht. Warme en droge lucht veroorzaakt een hogere luchtdruk dan even warme maar vochtigere lucht.

Dichtheidshoogte (Density Altitude)

Eigenlijk zijn we op zoek naar wat in het vliegjargon de Density Altitude wordt genoemd. Density altitude is de vergelijkbare elevatie gecorrigeerd voor de lokale barometrische luchtdruk en temperatuur, of te wel: de elevatie waarop deze luchtdruk zou optreden onder internationaal vastgelegde standaard omstandigheden; de Standaard Atmosfeer. Hoe wordt de Density Altitude berekend? Hierbij wordt gebruik gemaakt van een Flight Computer. Een flight computer is een soort van schuiflineaal, of zakrekenmachine voor piloten die zaken kan berekenen als windfactoren, brandstofverbruik, tijd tot aankomst etc. De density altitude kan echter ook benaderd worden met behulp van een eenvoudige zakrekenmachine en het gebruik van een "ezelsbruggetje".

Eerst moet de heersende luchtdruk gecorrigeerd worden voor lokale variaties in de barometrische luchtdruk. Dit doen we door hem te vergelijken met de standaard luchtdruk op zeeniveau: 1013 mbar. Eigenlijk leid je de 'hoogtemeter' om de tuin door hem te laten denken dat de waarde van de lokale luchtdruk ontstaat door een toename van de elevatie. De 'hoogtemeter' geeft dan de luchtdrukhoogte voor die condities. Nu we de luchtdrukhoogte vastgesteld hebben, moeten we de invloed van de temperatuur bepalen. We vergelijken de heersende temperatuur met de standaard temperatuur op zeeniveau: 15.0°C.

Ook nu leiden we onze 'hoogtemeter' om de tuin door hem te laten geloven dat het temperatuurverschil ontstaat door een toename van de elevatie.

Door de uitkomsten van beide berekeningen bij elkaar op te tellen vinden we het totale fictieve elevatieverschil ten opzichte van zeeniveau bij standaard omstandigheden: de Density Altitude, of te wel de elevatie waarbij onder standaard omstandigheden deze luchtdruk zou optreden.

Berekening van de DA

De Density Altitude kan in drie stappen met de volgende formules berekend worden, waarbij de gegevens gebruikt worden van plaatselijke elevatie boven zeeniveau, heersende luchtdruk en temperatuur, maar waarbij geen rekening wordt gehouden met de luchtvochtigheid.

Stap 1: Bereken de Pressure Altitude (Pa) in mbar – de elevatie onder Standaard Atmosfeer omstandigheden.

$$Pa = h + ((1013.25 - p) \times 9.0)$$

h = elevatie waarop men zich bevindt boven zeeniveau

p = plaatselijk gemeten luchtdruk (mbar)

Stap 2: Bereken de Standaard temperatuur (Ts) in °K - de temperatuur voor Pa onder Standaard Atmosfeer omstandigheden.

$$Ts = (15.0 - (0,0065 \times h)) + 273.0$$

Stap 3: Bereken de Density Altitude.

$$DA = Pa + [(Ts/Tr) \times (1.0 - (Ts/(T+273.0))^{0.234969})]$$

- DA = Density altitude (m)
- Pa = Standaard druk op elevatie h (mbar)
- Ts = Standaard temperatuur op elevatie h (°K)
- Tr = afname Standaard temperatuur per meter hoogte = 0.0065°C/m
- T = gemeten temperatuur op elevatie h (°C)

De volgende sterk vereenvoudigde formule voor het berekenen van een geschatte Density Altitude is aangepast om gebruik te maken van enkel de plaatselijke gemeten temperatuur en de standaard luchtdruk. Ook deze methode verwaarloost de invloed van de luchtvochtigheid. Bovendien wordt de standaard druk op de geometrische elevatie gebruikt in plaats van de werkelijk heersende atmosferische druk.

$$DA = h + (36.15 \times [(T+273.0) - (288.15 \times 0.0006 \times h)])$$

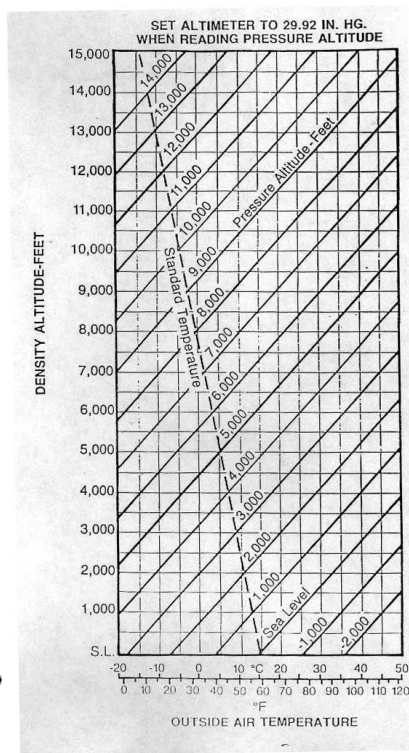
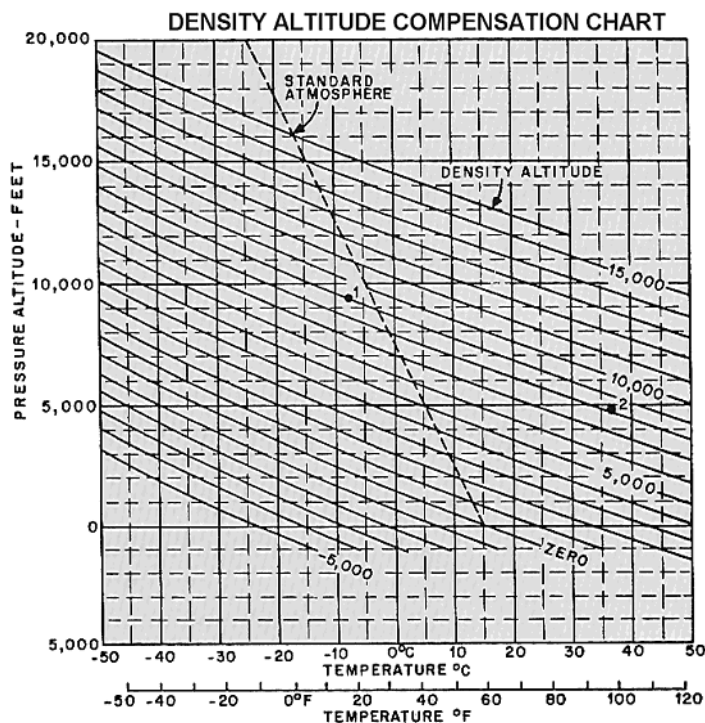
- DA = Density altitude (m)
- h = elevatie boven zeeniveau (m)
- T = omgevingstemperatuur (°C)
- 288.15 x 0.0006 = correctiefactor voor Standaard Temperatuur op elevatie h (°K)

Voorbeeld: Berekening voor een schietbaan op 1615m hoogte en een temperatuur van 35°C.

$$DA = 1615 + 36.15 \times [(35+273.0) - (279)]$$

$$DA = 1615 + 36.15 \times [308 - 279]$$

$$DA = 1615 + 1048 = 2663m$$



Alle benodigde gegevens voor het berekenen van de Density altitude kun je op internet vinden op de site: www.buienradar.nl of door gebruik te maken van een eenvoudig weerstationnetje (thermometer en barometer).

Density Altitude en loopkarakteristiek

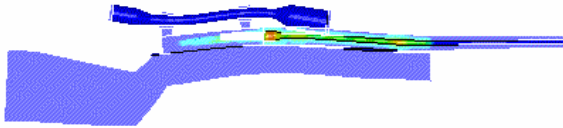
Wat moeten we als schutter doen? zal je jezelf afvragen. Als schutters hoeven we niet alle details over het hoe en het waarom van oscillerende lopen precies te begrijpen. Het enige wat we hoeven te weten is dat de loop met een bepaalde snelheid voornamelijk in het verticale vlak op en neer beweegt, en dat de kogel een bepaalde tijd nodig heeft om de loop te verlaten. Iedere loop oscilleert (trilt) met zijn eigen specifieke frequentie, als gevolg van lengte, diameter, tapsheid enz. Als een staartstuk en loop correct bevestigd zijn, bewegen ze voornamelijk in het verticale vlak; de loopmondning beweegt tijdens een cyclus steeds langzamer en komt daarbij voor een moment tot stilstand in het bovenste of onderste 'dode punt' van zijn beweging.

Om er voor te zorgen dat het geweer 'in tune' is, moeten we het moment waarop de kogel de loopmondning verlaat zodanig timen dat dit gebeurt op het moment van één van de 'dode punten'. Als we het moment van kogel uittrede kunnen laten

samenvallen met een van de dode punten zal de spreiding van trefpunten minimaal zijn. Over het algemeen wordt de beste accuratesse bereikt als de kogel de loop verlaat in het Bovenste Dode Punt (BDP).



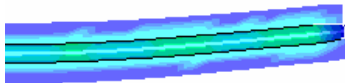
Staatstuk, loop en kolf aan het begin van het schot; alles is in rust.



Staatstuk, loop en kolf tijdens het afgaan van het schot; ze vervormen en veroorzaken een oscillatie.

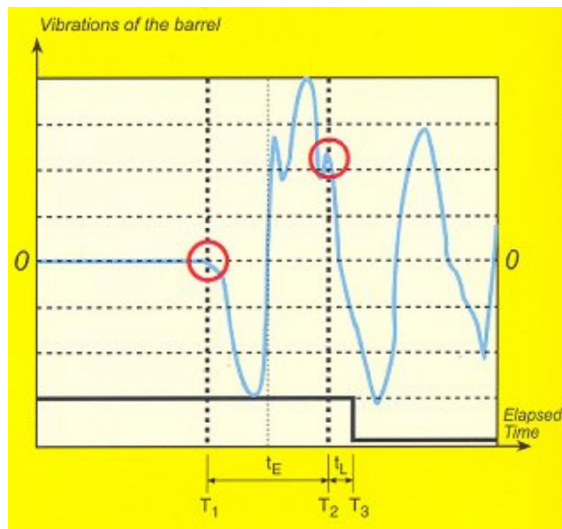


Staatstuk, loop en kolf op het moment dat de kogel de loopmonding verlaat; ze zijn vervormd en oscilleren.



Stand van de loopmonding op het moment dat de kogel de loopmonding verlaat.

Bij het afgaan van een schot is de loop gevuld met een kolom lucht van circa $0,000016\text{m}^3$ (16000mm^3). De kogel van een .22LR randvuur patroon heeft gemiddeld 0.0023 seconde nodig om de loop te verlaten. Daarbij duwt hij de kolom met lucht voor zich uit. De lucht kan echter alleen ontwijken via de kleine opening van de loopmonding. Bovendien ondervindt de lucht in de loop, ongeacht de Density Altitude, weerstand van de lucht buiten de loop; de lucht in de loop moet de lucht buiten de loop opzij duwen. Omdat 0.0023 seconde een erg korte tijd is, zal de luchtkolom in de loop dan ook sterk gecompriemd worden. Met andere woorden: de luchtweerstand die de kogel in de loop ondervindt zal extra toenemen.



Loopkarakteristiek van een (lucht)geweer
T2



T1 = Striker hits valve, T2 = pellet leaves barrel; T3 = pellet passes light barrier; Te = development of shot (5.2ms)
TL = time distance: barrel end – light barrier; A = distance muzzle end – light barrier (262mm); V = pellet velocity (174m/s)

Punt T2 geeft de positie en bewegingsnelheid van de loopmonding aan op het moment dat de (lucht)kogel de loopmonding verlaat (zie de rode cirkel in rechter figuur). Op dit punt staat de loopmonding in zijn bovenste dode punt en is de bewegingsnelheid voor een kort moment nul. Als de kogel de loopmonding op een ander moment verlaat, links of rechts van dit BDP, gebeurt het volgende:

Grotere spreiding rechts van het BDP – de loopmonding beweegt omlaag:

Bij hogere kogelsnelheid verlaat de kogel de loop eerder, staat de loopmonding verder omhoog gericht, en is de val (drop) van de kogel tot de schijf minder. De kogel krijgt een kleinere haaks gerichte snelheid mee.

Bij lagere kogelsnelheid verlaat de kogel de loop later, staat de loopmonding minder omhoog gericht, en is de val (drop) van de kogel tot de schijf groter. De kogel krijgt tevens een grotere haaks gerichte snelheid mee.

Conclusie: een slechte combinatie waarvan de verschillende factoren elkaar versterken.

Grotere spreiding links van het BDP – de loopmonding beweegt omhoog:

Bij hogere kogelsnelheid verlaat de kogel de loop eerder, staat de loopmonding minder omhoog gericht, maar is de val (drop) van de kogel tot de schijf minder. De kogel krijgt tevens een grotere haaks gerichte snelheid mee.

Bij lagere kogelsnelheid verlaat de kogel de loop later, staat de loopmonding verder omhoog gericht, maar is de val (drop) van de kogel tot de schijf groter. De kogel krijgt een kleinere haaks gerichte snelheid mee.

Conclusie: een combinatie waarvan de verschillende factoren elkaar proberen op te heffen.

Stel je voor: we schieten s'ochtends een wedstrijd en onze munitie en geweer zijn precies op elkaar afgestemd; we schieten een topscore! 's Middags moeten we opnieuw een serie schieten maar we ontdekken dat de temperatuur met 10 graden toegenomen is, en een blik op de weerkaart vertelt ons dat de luchtdruk met 50mbar is afgenomen. Dat betekent dat onze kogels minder luchtweerstand zullen ondervinden terwijl ze door de loop bewegen. De Density Altitude is groter geworden. De doorlooptijd van de kogel (de tijd die de kogel nodig heeft om zich naar de loopmonding zal verplaatsen) zal korter zijn, en de kogel zal de loopmonding verlaten voordat deze in zijn dode punt aangekomen is.

Groot kaliber schutters kunnen gemakkelijk de kogelsnelheid variëren door de kruitlading aan te passen. Klein kaliber schutters hebben deze mogelijkheid echter niet., zij moeten kiezen uit twee mogelijkheden: een lotnummer met een ander kogelsnelheid gebruiken of zorgen dat de oscillatie frequentie toeneemt en de loopmonding eerder in zijn dode punt arriveert.

Als de Density Altitude toeneemt, is het uittrede moment van de kogel eerder, en moet de frequentie hoger worden/de loopmonding eerder in zijn dode punt staan, en omgekeerd.

Koudere temperaturen vertragen de verbranding van kruit. Een grote kruitfabrikant, Dupont, geeft aan dat bij rookloos kruit beneden 21 graden Celsius een snelheidsverlies van 0.45m/s per graad Celsius optreedt.

Een voorbeeld: Een .22LR patroon heeft bij 21 graden C een mondingsnelheid van 320m/s. In de winter, bij een temperatuur van 0 graden C zal de mondingsnelheid nog maar 310m/s bedragen. Heb je in de zomer een goed lotnummer bij je geweer gevonden, dan zal het bij lagere temperaturen heel anders reageren en mogelijk veel grotere groepen veroorzaken, omdat hij dan niet meer bij de loopkarakteristiek van de loop past. Test de munitie dan ook altijd bij de temperatuur waarbij je de munitie wilt gebruiken, of gebruik de munitie onder dezelfde omstandigheden als waaronder hij getest is.

En wat gebeurt er wanneer munitie aan extreem hoge temperaturen wordt blootgesteld? Als je een fan van oude Westerns bent, zal je ongetwijfeld in de film gezien hebben dat een handjevol patronen die door de slechterik in het kampvuur geworpen worden, iedereen naar een veilige schuilplaats laat rennen terwijl de patronen exploderen en kogels met een fluitend geluid tegen rotsen en boomstammen ketsen. Gelukkig gebeurt dat alleen maar in films.

Experimenten, uitgevoerd door het Amerikaanse "Sporting Arms and Ammunition Manufacturers Institute" hebben aangetoond dat patronen die in een vuur terecht komen niet allemaal gelijktijdig ontploffen, maar eerder ongelijkmatig, dat de kogels niet met hoge snelheid weggeschoten worden, en dat het materiaal waar de patronen van gemaakt zijn niet verder als 1 a 2 meter weggeslingerd wordt. In een bepaalde test werden zowel pistool als geweerpatronen recht op met de achterkant op de bodem van een elektrische smeltpot geplaatst. Bovenop de pot werd een kartonnen plaat gelegd en werd de pot aangezet. Toen de patronen tenslotte afgingen drongen ze niet door de kartonnen plaat heen, maar maakten ze enkel deuken in het karton. Hoewel het natuurlijk niet verstandig is om patronen in een vuur te werpen, is het gevaar veel minder dan de meeste mensen wijs wordt gemaakt.

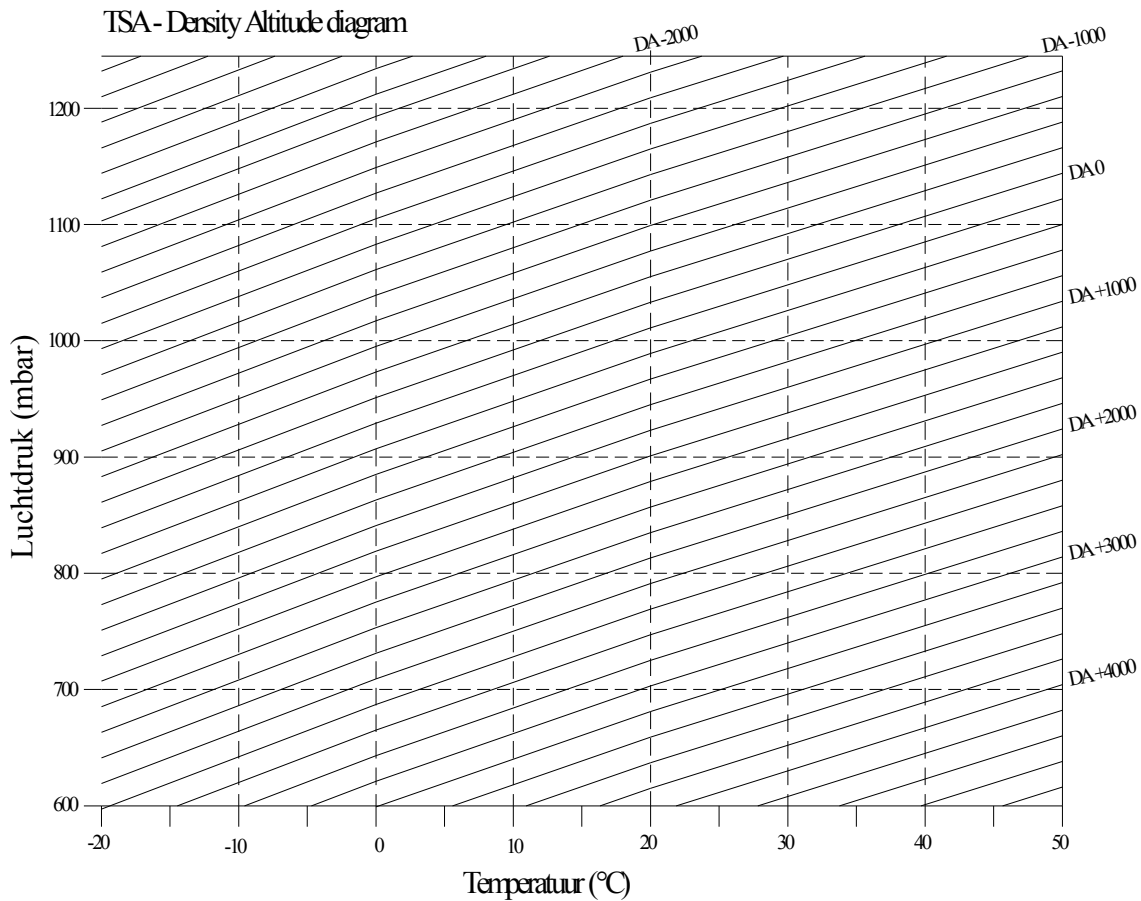
Munitie die niet goed beschermd opgeborgen of vervoerd is van uitwendige warmtebronnen of direct zonlicht kan aanzienlijk verminderd presteren. Niet alleen kan de verbrandingsnelheid en de gasdruk variëren, maar het vet op de kogel kan gaan zacht worden of zelfs smelten door de overmatige warmte en daardoor minder of niet de raakvlakken tussen de kogel en loop smeren.

Zelfs als je de juiste beschermingsmaatregelen hebt getroffen om je munitie koel te houden totdat je op het schietpunt arriveert, zal het plaatsen van je munitie in het directe zonlicht, of het gedurende langere tijd een patroon in de kamer van een warm geweer laten zitten resulteren in een afzwaai. Zodra de munitie zich buiten zijn bescherming bevindt kan je een wit gekleurde washand of handdoek over de munitie leggen om het uit het directe zonlicht en hitte te houden.

Wanneer de barometrische luchtdruk toeneemt en de temperatuur laag is, is een snellere munitie noodzakelijk. Het omgekeerde geldt ook: bij een lagere luchtdruk en een hoge temperatuur heb je een langzamere munitie nodig.

Veel benchrest schutters gaan naar wedstrijden waarbij ze twee tot vier lotnummers voor verschillende omstandigheden meenemen. Enkele voor het voorjaar en herfst, andere voor de zomer. (dit is waar temperatuur en temperatuur belangrijk worden).

De meeste Nederlandse (ISSF) schutters hebben niet de mogelijkheid om meerdere lotnummers aan te schaffen en onder verschillende weersomstandigheden te testen. Daarom moeten wij ons behelpen met het aanpassen van de loopkarakteristiek. Dat wil zeggen dat we het aandraaimoment van de kolf bevestigingsbouten (bedding bolts) moeten aanpassen aan de heersende weersomstandigheden.



Hoe gebruik je de tabel? Bepaal eerst de heersende temperatuur en luchtdruk. Zoek op de horizontale as (aan de onderzijde van het diagram) de temperatuur en op de verticale as (aan de linkerzijde van het diagram) de luchtdruk. Trek nu vanuit beide punten een horizontale en verticale lijn. Bepaal het snijpunt van de beide lijnen en kijk welke diagonale lijn daar het dichtste bij ligt. Volg de diagonale lijn naar rechts(boven) totdat je de hierbij behorende Density Altitude vindt. De afstand tussen twee DA-lijnen is 200m.

Tunen van een geweer door middel van het variëren van het aandraaimoment van de kolf bevestigingsbouten

Kort door de bocht: door het veranderen van het aandraaimoment, veranderen we het moment waarop de loopmondung zich in het dode punt bevindt. Het werkt eigenlijk een beetje als het stemmen van een gitaar of een piano – hoe strakker de snaar gespannen wordt, hoe hoger de toon/frequentie. De loop van het geweer oscilleert met een eigen vaste frequentie. Het staartstuk, dat met twee of meer bouten aan de kolf bevestigd is, oscilleert eveneens met een eigen frequentie die, net als de snaar van een gitaar, afhankelijk is van de spanning. Door de kolf bevestigingsbouten (bedding bolts) strakker of losser te draaien veranderen we de stijfheid van de combinatie staartstuk-kolf en daarmee tevens de frequentie waarmee deze oscilleren. De uiteindelijke stand van de loop, die aan het staartstuk bevestigd is wordt dus bepaald door de stand van het verbindingpunt tussen staartstuk en loop; de loop wordt als het ware door het staartstuk 'mee getrokken'.



Trillingsvorm van het staartstuk wanneer de kolf bevestigingsbouten (bedding bolts) los aangedraaid zijn.



Trillingsvorm van het staartstuk wanneer de kolf bevestigingsbouten (bedding bolts) strak aangedraaid zijn.



Trillingsvorm van het staartstuk wanneer de kolf bevestigingsbouten (bedding bolts) gedeeltelijk aangedraaid zijn.

Door het aandraaimoment van de kolf bevestigingsbouten te veranderen bepalen we de frequentie van het staartstuk. De totale bewegingsnelheid van de loopmondning wordt bepaald door de som van de bewegingssnelheid en bewegingsrichting van het staartstuk en die van de loop(monding). Daarmee ook de haakse bewegingssnelheid die de kogel meekrijgt als hij de loopmondning verlaat.

Een voorbeeld met gebruikmaking van de sterk vereenvoudigde formule. Laten we er eens van uitgaan dat we een wedstrijd schieten op een mooie warme dag in Maastricht. We hebben ons geweer ingeschoten op de schietbaan bij SV De Vrijheid in Haarlem toen het koud was. We willen nu het effect van de hoogte en de temperatuur in Maastricht op onze kogel bepalen, zonder dat we ook nog rekening houden met het verschil in de plaatselijke luchtdruk!

Haarlem: Elevatie -0.8m , Temperatuur 5°C .

Maastricht: Elevatie $+48.5\text{m}$, Temperatuur 30°C .

Haarlem

$$DA = -0.8 + 36.15 \times [(5+273) - (15+273)]$$

$$DA = -0.8 + 36.15 \times [278 - 288]$$

$$DA = -0.8 - 361.5 = -262.3\text{m}$$

Maastricht

$$DA = +48.5 + 36.15 \times [(30+273) - (14+273)]$$

$$DA = +48.5 + 36.15 \times [303 - 287]$$

$$DA = +48.5 + 361.5 = +626.9\text{m}$$

Een totaal verschil van 889m in Density Altitude. Dit vertaalt zich in vermindering van de luchtdichtheid met 0.12kg/m^3 , dat is circa 10 procent! De kogel ondervindt in Maastricht dus 10% minder luchtweerstand ten opzichte van de situatie in Haarlem, zowel buiten als binnen de loop.

Als je munitie gaat testen, moet je het doen onder meerdere verschillende atmosferische omstandigheden – warm, koud, hoge- en lage luchtdruk, vochtig en droog weer – zodat je kan bepalen onder welke omstandigheden de patroon wel of niet groepeerd.

Tijdens het testen noteer je ten minste de volgende gegevens:

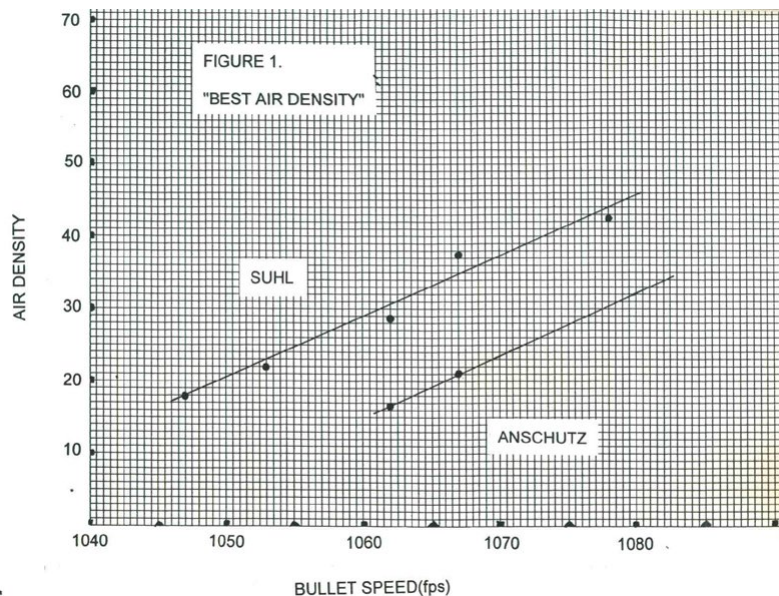
Munitie/geweer:

Merk, type en lotnummer van de munitie, randdikte (op $1/100\text{mm}$), de datum, wapennummer en fabrikaat/model geweer dat gebruikt wordt, de manier waarop de test uitgevoerd wordt (van een steun, uit de schouder enz.), het aandraaimoment van de kolfbevestigingsbouten, de schietafstand en de spreiding op de schijf.

Omstandigheden:

De plaats waar de test wordt uitgevoerd (welke schietbaan in- of outdoor), de elevatie, de luchtdruk (mbar of mmHg), de temperatuur en eventueel de relatieve vochtigheidsgraad.

Door deze gegevens om te zetten naar een density altitude of luchtdichtheid en in een grafiek te plaatsen ontstaat er een duidelijk beeld onder welke omstandigheden deze munitie wel of niet bruikbaar is, waardoor je bij iedere weersgesteldheid een maximaal accurate combinatie hebt.



Verskil in munitie bij verschillende luchtdichtheid, kogelsnelheden en in 2 verschillende geweren.

De test

Om te kijken hoeveel de Density Altitude invloed heeft op de precisie van een geweer werd een test uitgevoerd met drie verschillende munitiesoorten en een geweer (Walther KK-Match / GX-1) onder verschillende temperaturen en luchtdichtheid.

Gebruikte munitie:

Lapua Super Club, V0 volgens opgave fabrikant 320m/s in 650mm looplengte

Lapua Pistol King, V0 volgens opgave fabrikant 328m/s in 650mm looplengte

RWS Rifle Match, V0 volgens opgave fabrikant 330m/s in 650mm looplengte

De Super Club en Pistol King werden verschoten bij een DA van circa 0m, de Rifle Match ook bij een DA van -694m.

Van iedere (niet op randdikte gesorteerde) munitie soort werd bepaald welk aandraaimoment van de systeembouten de kleinste groepen produceerde:

Super Club 4.67Nm, Pistol King 4.75Nm en Rifle Match 4.77Nm.

Als de we waardes van V0 en aandraaimoment worden uitgezet in een grafiek of tabel, blijkt dat bij gelijkblijvende DA het aandraaimoment bij iedere 2m/s snelheidstoename met 0.01Nm verhoogd moet worden. Neemt de DA met ca. 700 tot 750m toe dan moet het aandraaimoment met 0.01Nm verminderd worden.

Deze gegevens komen overeen met de theorie:

Bij gelijkblijvende luchtdichtheid

snelheid groter → doorlooptijd kogel korter → loopmondning moet eerder in dode punt → boutspanning moet hoger

Bij grotere luchtdichtheid

Weerstand wordt groter → doorlooptijd kogel wordt langer → loopmondning moet later in dode punt → boutspanning moet lager

Waarschuwing: De hier genoemde waardes zijn alleen van toepassing voor het hier gebruikte geweer. Iedere combinatie van geweer en munitie heeft zijn eigen afstelling en moet daarom op de schietbaan getest worden. Neem dus nooit zomaar de waardes van een andere schutter, geweer of munitie over.

Looplengte en mondingsnelheid

Niet alleen de temperatuur, luchtdruk en vochtigheid bepaalt de doorlooptijd en mondingsnelheid van de kogel. Ook de looplengte speelt een rol. De looplengte is de afstand van de voorzijde grendel tot de loopmondning. De meeste klein kaliber munitie fabrikanten testen hun munitie onder Standaard Atmosfeer omstandigheden en met een testloop van 650mm lengte. In de 45^e editie van het Lyman Reloading Handbook is een tabel opgenomen die een richtlijn geeft voor de verhouding tussen looplengte geeft voor looplengtes tussen 20 en 26 inch (508 tot 660mm).

Geweer met mondingsnelheid tussen:

1000 en 2000 ft/s is de snelheids toename 5ft/s voor iedere inch looplengte toename (304 en 610m/s – 0.6m/s per cm)

2001 en 2500 ft/s is de snelheids toename 10ft/s voor iedere inch looplengte toename (610 en 762m/s – 1.2m/s per cm)

2501 en 3000 ft/s is de snelheids toename 20ft/s voor iedere inch looplengte toename (762 en 914m/s – 2.4m/s per cm)

3001 en 3500 ft/s is de snelheids toename 30ft/s voor iedere inch looplengte toename (914 en 1067m/s – 3.6m/s per cm)

3501 en 4000 ft/s is de snelheids toename 40ft/s voor iedere inch looplengte toename (1067 en 1219m/s – 4.8m/s per cm)

Invloed van temperatuur en relatieve vochtigheid op kolf/taartstuk

Het gebruik van een houten of aluminium kolf zorgt per materiaal soort voor specifieke problemen en uitdagingen. Eerst enkele getallen:

| | | |
|--------------------------|-----------|---|
| De stijfheid (E-modulus) | Hout | 9 - 16Gpa (in langsrichting vezel) 0.6 – 1.0 Gpa (in dwarsrichting vezel) |
| | Aluminium | 69 GPa |
| | Staal | 210 Gpa |

| | | |
|--|-----------|-----------------------------------|
| Lineaire uitzettingscoëfficiënt (α) per meter | Hout | 8.0×10^{-6} m/K bij 20°C |
| | Aluminium | 23×10^{-6} m/K |
| | Staal | 12×10^{-6} m/K |

Als je deze getallen vergelijkt vallen verschillende dingen op.

De stijfheid van aluminium is ca. 7x groter als die van hout. Hout zal trillingen dus veel beter en sneller dempen. De lineaire uitzetting van aluminium is ca. 3x groter als van hout en ca. 2x groter als van staal. Een verandering van temperatuur heeft dus een lengte verandering tot gevolg bij staal/aluminium, maar niet bij hout.

Daar en tegen is hout wel gevoelig voor de relatieve vochtigheid van de omringende lucht. Als de relatieve vochtigheidsgraad van de lucht toeneemt, neemt het hout vocht op in de cellen en zwelt het hout op. Wordt de relatieve vochtigheidsgraad van de lucht lager dan geven de cellen vocht af aan de omringende lucht een krimpt het hout: het “werken” van het hout. Bovendien kan warme lucht meer vocht bevatten als koude lucht. Het wordt dus oppassen geblazen als het tropisch warm én klam wordt.

Voorbeeld 1: aluminium kolf

Stel je het aandraaimoment van de systeem bouten (waarmee het staartstuk aan de kolf bevestigd is) thuis af bij 20°C en schiet je een training/wedstrijd bij 10°C of juist 30°C dan krimpen resp. expandeert het aluminium en wordt het aandraaimoment lager resp. hoger. De geringe trillingsdemping en de grote lineaire uitzetting is trouwens de reden waarom fabrikanten kunststof of rubberen matjes plaatsen tussen het staartstuk en de aluminium kolf plaatsen en rubberen busjes om de systeembouten.

Voorbeeld 2: houten kolf

Bij een houten kolf zal de temperatuur geen of weinig invloed hebben, maar is de relatieve vochtigheid in de kamer of kantine laag en ga je naar buiten waar het nevelig of mistig is, dan neemt het hout vocht op, zet het hout uit en neemt het aandraaimoment toe. Het tegevoorgestelde kan natuurlijk ook voorkomen.

Of je nu een houten of een aluminium kolf gebruikt, je moet altijd het aandraai moment van de systeembouten op de juiste spanning zetten in de temperatuur/vochtigheids omstandigheden waarin je gaat schieten. Je zal het dus moeten doen op de schietbaan *nadat je geweer geaklimatiseerd is*.
Voor een houten kolf is de relatieve vochtigheid van de lucht bepalend, voor een aluminium kolf de (omgevings)temperatuur.

Thijssse Schietsport Advies

Stap 1

1013.25 mbar

mbar

× 9.0 = m

elevatie m

Pa +

Stap 3

T 273.0 °C

Ts ÷ = + ^ 0.234969 = 1.0

Ts ÷ 0.0065 = m

Pa (m) + = m

Density Altitude

Stap 2

elevatie (m) × 0.0065 = °C

288.1 °K

Ts °K

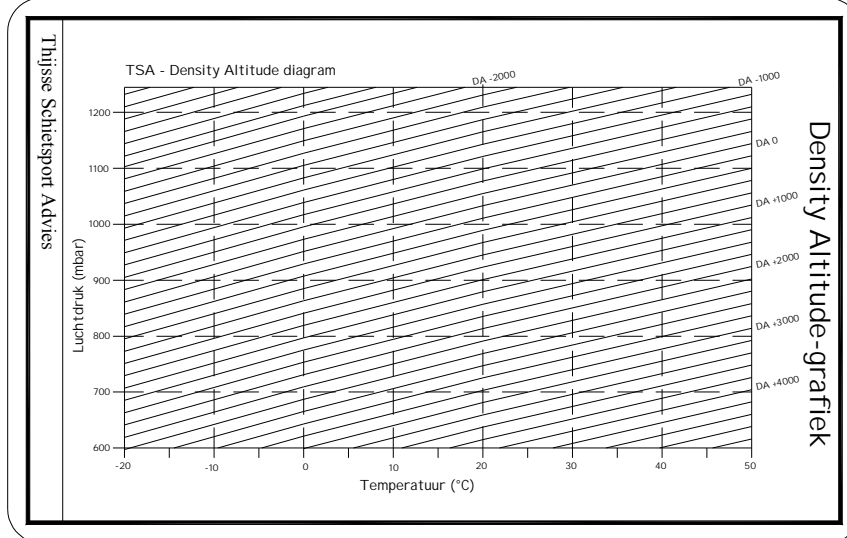
Density Altitude-kaart

Thijssse Schietsport Advies

Voer de drie stappen uit om de Density Altitude te berekenen.

elevatie = de hoogte waarop je je bevindt (in meters)
 p = de plaatselijk gemeten luchtdruk (in milibar)
 Pa = de standaard luchtdruk op elevatie (in milibar)
 Ts = de standaard temperatuur op elevatie (in graden Kelvin)
 T = de plaatselijk gemeten temperatuur op elevatie (in graden Celcius)
 0.0065 = de standaard temperatuur afname per meter elevatie (in graden Celcius per meter)

Density Altitude-kaart



De barometer voorspelt:

Het VALLEN van de barometer (afnemende luchtdruk)

Bij heet weer: voorspelt onweer. In andere gevallen het optreden van harde wind.

Bij vorst: voorspelt dooi.

Als het snel na het vallen van de barometerstand gaat regenen hoef je weinig regen te verwachten.

Bij regen: verwacht veel regen.

Bij mooi weer: als de barometerstand valt en laag blijft, moet je rekenen op veel regen in de komende dagen en waarschijnlijk ook wind. De barometer zakt het diepste voor regen en wind samen.

Het STIJGEN van de barometer (toenemende luchtdruk)

In de winter: voorspelt vorst.

Bij vorst: voorspelt sneeuw.

Bij regen: als de barometerstand stijgt en hoog blijft kan je over enkele dagen mooi weer verwachten.

Bij regen: Bij een plotselinge en hoge stijging: het mooie weer zal niet lang duren.

Fluctueren van de barometer (onregelmatige luchtdruk)

Bij fluctueren: verwacht snel wisselende weersgesteldheid.

Bij “veel regen” en stijgend naar “veranderlijk”: verwacht mooi weer voor korte duur.

Bij “mooi weer” en dalend naar “veranderlijk”: kan je slecht weer verwachten.

Invloed van de temperatuur op materialen in een lucht- en klein kaliber geweer

Temperatuur heeft niet alleen invloed op de loop, staartstuk of kolf. Ook andere materialen worden er door beïnvloedt. In een modern luchtgeweer bevinden zich allerlei kleine onderdelen die allemaal op elkaar inspelen.

Zijspanners en pcp luchtgeweren maken gebruik van rubberen en kunststof afdichtingen, ringen e.d. Wanneer de omgevingstemperatuur afneemt (beneden ca. 12°C) worden deze onderdelen stijver en kunnen zij slechter gaan werken. Afdichtingen kunnen gaan lekken. Ook de zuigerafdichting van zijspanners is van nylon of teflon gemaakt en heeft vaak een holle vorm of is voorzien van een dunne buigzame ring die tegen de wand van de compressieruimte drukt. Als de temperatuur daalt wordt de afdichtingsring stijver en zal hij niet meer volledig uitzetten en afdichten, waardoor tijdens het spannen een deel van de (of alle) de gecomprimeerde lucht weer ontsnapt. Moet je het geweer bijvoorbeeld in de winter vervoeren naar training of wedstrijd, zorg er dan voor dat je het geweer in een verwarmde ruimte vervoert of dat je een handwarmer in de geweerdoos plaatst zodat alle onderdelen op een optimale werktemperatuur blijven, en geef het geweer voldoende tijd om op de schietbaan eerst weer te acclimatiseren.

Ook het trekkermechanisme van lucht- en kleinkaliber geweren kunnen storingen gaan vertonen bij lage temperaturen.

Wanneer een trekker goed staat afgesteld is het contactoppervlak van de trekker en de vangpal van de slagpen ca. 1/100^e mm!

Bij koude temperaturen gaan de meeste materialen (uitgezonderd water) krimpen. Hierdoor kan het contact tussen trekker en vangpal zo klein worden dat het schot vanzelf op de meest ongewenste momenten afgaat. Een bijzonder gevaarlijke situatie!

Hou er dus rekening mee dat je de trekker afstelt in de temperatuur waarbij je het geweer gaat gebruiken.



Copyright © revisie december 2010 Thijssse Schietsport Advies.

Alle rechten voorbehouden.